

## Ett perforerat samhälle

- att avhårdgöra städer och öka  
möjligheter för infiltration av dagvatten

A perforated society

- desealing cities to improve stormwater infiltration

*Johan Singharat Borner*



## **Ett perforerat samhälle**

- att avhårdgöra städer och förbättra möjligheter för infiltration av dagvatten

A perforated society

- desealing cities to improve stormwater infiltration

*Johan Singharat Borner*

**Handledare:** Anders Larsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Examinator:** Anders Folkesson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Kandidatarbete i trädgårdsdesign

**Kurskod:** EX0798

**Program:** Trädgårdsingenjör: design - kandidatprogram

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2018

**Omslagsbild:** Johan Singharat Borner

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Dagvatten, infiltration, hållbar dagvattenhantering, hårdgjord, urbanisering, genomsläpplig, slitlager,

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning (EX0798)

## Sammanfattning

Klimatförändringar och dess många konsekvenser är ett aktuellt ämne. Lika aktuellt är hållbar utveckling; ett ämne som går hand i hand med att klimatanpassa våra städer. Drivkrafterna till att klimatanpassa städer är flera men översvämningar är en konkret anledning som till exempel många malmöbor fått erfara. Städer med ogenomsläppliga byggmaterial förhindrar nederbörd att tränga ned i marken och det naturliga vattenkretsloppet är brutet.

I uppsatsen undersöktes olika synsätt på problemen med kombinationen av ogenomsläppliga material och vatten, och därmed även eventuella möjligheter till att införa ett byte av ogenomsläppliga markmaterial till mer genomsläppliga i stadsplaneringen. Genomsläppliga ytor fördröjer vatten, renar det, återskapar ett naturligt vattenkretslopp som potentiellt kan kyla våra städer med mera. Fokus har lagts på det urbana sammanhanget.

Resultaten visar att vatten är en stor internationell fråga som bland annat resulterat i direktiv för dess omhändertagande. Krafttagen ser olika ut mellan olika länder och i olika städer, likadant är det i Sverige. Av de platser som undersöktes är ambitionen att öka infiltrationsmöjligheter för vatten i städer en gemensam nämnare. En utredning för att strukturera Sveriges arbete mot ett klimatanpassat samhällsbyggande påbörjades 2015 och arbetet för hållbara städer fortsätter i skrivande stund.

## Abstract

Climate change with its many consequences is a hot topic. An equally relevant topic is sustainable development, a matter that goes hand in hand with the adapting of our cities to climate change. One of the driving forces that cities must adapt to in regards to climate change is flooding. This is something the citizens of Malmö have experienced. When cities build with impervious materials, it prevents precipitation from infiltrating and the natural water cycle is obstructed as a result.

Innovative solutions for handling the water is needed in order to build resilient cities. One example would be to retrofit impervious surfaces with permeable materials. Permeable surfaces have the ability to detain water, cleanse it, and recreate a natural water cycle with the additional benefit of cooling our cities and more.

Different approaches to the problems with the combination of impervious surfaces and water were examined and thereby possibilities to implement retrofitting in urban planning by replacing impervious surfaces with permeable materials were also examined, with focus on the urban context.

Despite the fact that water control is an international topic, and the ways to handle it differ in varying countries and cities, Sweden, has a unified vision to increase the infiltration of urban water. A governmental study looking at the process of adapting communities to climate change was initiated in 2015, and the work continues at to this day.

## Förord

Med detta examensarbete avslutar jag det treåriga kandidatprogrammet Trädgårdsingenjör: design på Sveriges Lantbruksuniversitet i Alnarp. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och ställdes ut som en poster på Thesisday den 30 maj på SLU i Alnarps lokaler.

Under utbildningens gång har vyer vidgats och nya intressanta kunskapsområden har blivit belysta. Min handledare Anders Larsson har vidare vidgat mina vyer och varit engagerad under arbetets gång – stort tack! Ännu ett tack vill jag ge till min bordsgranne Johan Henriksson som gjort att skrivperioden blivit mer lättsam och inte så ensam.



Johan Singharat Borner

Alnarp, Maj 2018

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning .....	3
Abstract.....	4
Förord.....	5
Figurförteckning .....	8
<b>1. INLEDNING .....</b>	<b>9</b>
1.1 Bakgrund .....	9
1.2 Syfte .....	9
1.3 Frågeställning .....	10
1.4 Avgränsning.....	10
1.5 Metod och material .....	10
1.5.1 Ämnet .....	10
1.5.2 Litteraturstudie, konferenser & platsbesök .....	11
1.6 Begreppsförklaringar .....	12
<b>2. TEORI .....</b>	<b>15</b>
2.1 Vattnets kretslopp .....	15
2.2 Klimatförändringar .....	15
2.3 Folkökning, urbanisering & förtätning.....	16
2.4 Hållbar utveckling .....	17
2.5 Resiliens & hållbar dagvattenhantering .....	18
<b>3. PROBLEMATIK &amp; ÅTGÄRDER .....</b>	<b>20</b>
3.1 Problematiken kring hårdgjorda städer.....	20
3.1.1 Förlust av värdefull mark .....	20
3.1.2 Ytavrinning, översvämning & erosion.....	20
3.1.3 Värmeöeffekten – Urban Heat Island .....	21
3.2 Genomsläppliga slitlager .....	21
3.2.1 Gräsmatta på grovkornigt material.....	22
3.2.2 Grovkornigt material.....	22
3.2.3 Hålsten & marksten med genomsläppliga fogar/distanser .....	24
3.2.4 Förstärkningsnät av plast.....	26
3.2.5 Genomsläpplig betong .....	28
3.2.6 Genomsläpplig asfalt .....	30
3.3 Retroaktiv anpassning - avhårdgörning .....	32
3.4 Kompensationsåtgärder .....	32
3.5 Hållbar dagvattenhantering i utlandet.....	32
3.5.1 Danmark & Köpenhamn .....	32
3.5.2 Storbritannien .....	33
3.5.3 Tyskland & Dresden .....	34
3.5.4 Kanada – Canadian Water Network.....	35
3.5.5 "Sponge City" i Kina .....	35

3.6 Hållbar dagvattenhantering i Sverige.....	36
3.6.1 Göteborg .....	37
3.6.2 Stockholm.....	37
3.6.3 Malmö .....	38
3.6.4 Lund.....	39
3.7 Resultat & framtidsutsikter .....	39
<b>4. AVSLUTNING .....</b>	<b>41</b>
4.1 Diskussion & slutsatser.....	41
4.2 Metoddiskussion .....	46
KÄLLFÖRTECKNING.....	47

## Figurförteckning

Figur 1: AIRS (2012). *The Water Cycle*.

<https://flic.kr/p/dAmDZU> [2018-05-16]

Figur 2: United Nations Development Programme I Sverige (UNDP) (2015). *Globala målen – karta med ikoner*.

<http://www.globalamalen.se/material/logotyper/> [2018-04-16]

Figur 3: Svenskt vatten (2016). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten*. Stockholm: Svenskt vatten. (Publikation P110, Svenskt vatten).

Figur 6+7: Starka (u.å.). *Uni-Ecoloc* [fotografi].

<https://www.starka.se/sortiment-mark-mur/uni-ecoloc-marksten-och-plattor/> [2018-05-17]

Figur 8: Starka (u.å.). *Siena 233 Eco* [fotografi].

[https://www.starka.se/wp-content/uploads/2017/05/produktblad\\_siena\\_eco.pdf](https://www.starka.se/wp-content/uploads/2017/05/produktblad_siena_eco.pdf) [2018-05-17]

Figur 9: Byggros AB (u.å.). *Ecoraster gräsarmeringsblock* [fotografi].

<https://www.byggros.com/se/produkter/ytarmering/ecoraster-grasarmeringsblock> [2018-05-17]

Figur 10: Volkening, A. (2012). *OakCreekRyanRdStarbucks\_PorousPvmnt\_oct2012\_2* [fotografi].

<https://flic.kr/p/iMdKbU> [2018-05-20]

Figur 11: Volkening, A. (2015). *BDEER\_BadgerMeterPark\_2015\_10\_19 (3)* [fotografi].

<https://flic.kr/p/LmhfJA> [2018-05-20]

Figur 12: Klimatsäkrad stad (u.å.). *Projektbeskrivning*.

<http://klimatsakradstad.se/om-projektet/projektbeskrivning/> [2018-04-27]

Figur 13: Stockholms stad (2016). *Dagvattenhantering. Åtgärdsnivå vid ny- och större ombyggnation*. (Version 1.1).

[http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/atgardsniva\\_v1-1\\_fi.pdf](http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/atgardsniva_v1-1_fi.pdf) [2018-04-26]

Figur 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21: United Nations Development Programme I Sverige (UNDP) (2015). *Logotyp Mål 2, 3, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15*.

<http://www.globalamalen.se/material/logotyper/> [2018-05-21]

Övriga figurer av Johan Singharat Börner 2018.



# 1. INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Städer består till stora delar av hårda och ogenomsläppliga material. Detta orsakar problem i såväl urbana som periurbana sammanhang och går inte i linje med ett hållbart samhälle. Konsekvenserna är bland annat att de försämrar eller förhindrar det naturliga vattenkretsloppet och andra naturliga processer därtill, kan bidra till den urbana värmeöeffekten och även orsakar snabb ytavrinning av dagvattnet med risk för översvämningar och erosion som följd - en lista över negativa effekter med hårdgjorda ytor eller städer skulle kunna göras ännu längre (Science for Environment Policy 2012; Thoni, T. 2017). Den globala trenden med kraftig urbanisering, stadsutbredningar och förtätning av städer i kombination med rådande klimatförändringar skapar en rad olika problem som skiljer sig åt beroende på plats och geografiskt område (FN 2014; EEA-FOEN 2016; Thoni, T. 2017). På flera platser i Europa och i södra Sverige har exempelvis översvämningar blivit ett oftare återkommande problem – nu är det viktigare än någonsin att skapa hållbara och vattenresilienta städer (Miller, J. D., Hutchins, M. 2017; Wikipedia 18a; Wikipedia 18b). Nya direktiv och lagar gällande dagvattenhantering, och arbetet mot mer vattenresilienta städer, har genererat flertalet intressanta dagvattenlösningar och andra blågröna lösningar (Vattenmyndigheterna u.å.; Regeringskansliet 2016; Thoni, T. 2017; Olsson, J. A., Hanson, H. 2018). Att se på vatten som en resurs att tillvarata nära källan genom exempelvis regnbäddar, dammar och andra öppna dagvattenlösningar ger mer hållbara förutsättningar att rena det från föroreningar, estetiska värden kan skapas samtidigt som det gynnar biologisk mångfald (Hall, M., Lund, E., Rummukainen, M. 2015).

## 1.2 Syfte

Eftersom våra städer är hårdgjorda i en väldigt stor omfattning, och att detta medför många problem, är kanske retroaktiv anpassning av hårdgjorda miljöer i form av att "avhårdgöra" något som kan implementeras i stadsplaneringen. (Hädanefter i uppsatsen syftar avhårdgörning till att byta ut icke-permeabla markmaterial till mer genomsläppliga sådana). Nya och innovativa dagvattenlösningar är olika krafttag i att perforera våra samhällen och öka infiltrationsmöjligheterna för dagvatten, men de hårdgjorda miljöerna kvarstår och fortsätter bidra till vad som skulle kunna ses som "ekosystemotjänster". Uppsatsen belyser den globala problematiken kring hårdgjorda miljöer

och dagvatten och kan fungera som upplysning för allmänheten och förhoppningsvis inspirera yrkesverksamma i branschen. Syftet med uppsatsen är att undersöka synen på problematiken kring hårdgjorda miljöer och därigenom eventuella möjligheter till att expandera synsättet på hållbar dagvattenhantering i form av att retroaktivt ersätta icke-permeabla markmaterial till mer genomsläppliga sådana – avhårdgörning.

### 1.3 Frågeställning

Sker det någon retroaktiv anpassning i form av avhårdgörning i Sverige, Europa eller internationellt?

### 1.4 Avgränsning

Uppsatsen fokuserar på det urbana sammanhanget och undersöker några svenska, europeiska och internationella förhållanden.

### 1.5 Metod och material

#### 1.5.1 Ämnet

Under mina studieår har problem med grönytor i urbana sammanhang ständigt dykt upp i flertalet kurser. Stadens ståndort/ståndorter, som är ett ämne för sig, kan skilja sig enormt från gata till gata beroende på små skillnader i exempelvis stadsplanering. Hållbarhetsperspektivet har varit ett genomgående tema i samtliga kurser av programmet och därför har tankarna kring ämnet varit ständigt närvarande.

Under kursen *Trädvård* föll mina tankar kring hållbarhet, ekosystemtjänster och dagvattenproblematik i städer lite mer på plats. I en föreläsning från länsstyrelsen diskuterades kompensationsåtgärder vid ansökan för exploatering av biotopskyddade miljöer, och under en annan föreläsning diskuterade vi svenska städers olika trädplaner och strategier. Äldre träd är mer och mer sällsynta i urbana sammanhang och diskussioner kring kompensationsåtgärder vid borttagning av ett stadsträd fördes (Gatukontoret 2005). Här föddes tanken på en kompensationsåtgärd i form av att avhårdgöra städer för att öka infiltration av dagvatten.

### 1.5.2 Litteraturstudie, konferenser & platsbesök

Informationssökandet har skett utan någon föreliggande metod eller något särskilt system. Genom litteratur, som jag hittat genom olika databaser och även blivit tilldelad från handledare, har jag sökt mig vidare till andra referenser och samlat stoff för min undersökning.

Jag har deltagit i två konferenser där ämnet hållbara städer diskuterats, varit på platsbesök för att se på dagvattenlösningar i form av regnbäddar och utjämningsmöjligheter och härigenom haft möjlighet att diskutera mina tankar kring avhårdgörning i dessa sammanhang.

För att ge en övergripande kunskap om några av flera problem som vi står inför inleds uppsatsen med beskrivning av vår samtid. Vidare belyses problemen kopplade till hårdgjorda miljöer och en kort redogörelse för några genomsläppliga material presenteras. Slutligen redovisas några olika internationella och nationella krafttag mot dagvattenproblematiken.

## 1.6 Begreppsförklaringar

"Avhårdgörning"	I denna uppsats avser det att byta ut icke-permeabla markmaterial mot mer genomsläppliga.
Avrinningskoefficient	En faktor mellan 0 - 1 som indikerar hur nederbörd rinner av/bort från en yta efter att delar av den evaporerat eller absorberats och infiltrerats i denna. Till exempel har en betong- och asfaltsyta en avrinningskoefficient på 0,8 och en gräsyta 0 – 0,1 (Svenskt vatten 2016, s. 67 – 68).
Biotopskydd	Ett område med biotopskydd är skyddat ifall det anses ha särskilt värdefulla egenskaper eller livsmiljöer (Naturvårdsverket 2017a).
Blågrön lösning	En multifunktionell yta i form av att både bidra till en grönyta och kunna hantera/använda dagvatten (Thoni, T. 2017, s. 14; Olsson, J. A., Hanson, H. 2018)
Dagvatten	Vatten som tillfälligt förekommer på en markyta eller konstruktion, till exempel regn- och smältvatten (Svenskt vatten 2016, s. 112).
Ekosystemtjänst	Ekosystem som är gynnsam för människan. Begreppet delas in i undergrupper: stödjande, försörjande, reglerande, kulturella och estetiska ekosystemtjänster (Thoni, T. 2017).
Evaporation	Avdunstning (SMHI 2018).
Evapotranspiration	När växter andas och därigenom släpper ut vatten <i>transpirerar</i> de.  Kombinationen av evaporation och transpiration kallas evapotranspiration (SMHI 2018).
Grå infrastruktur	Grå infrastruktur är exempelvis vattenledningsnät och vägar (Naturvårdsverket 2017b).
Hårdgjorda ytor	Med hårdgjorda ytor menas hårda material konstruerade av människan där regn- och smältvatten inte kan infiltrera ner i marken, exempelvis asfalt och betong (Wikipedia 2015).
Infiltration	Processen när vatten tränger ned genom en yta (SMHI 2018).

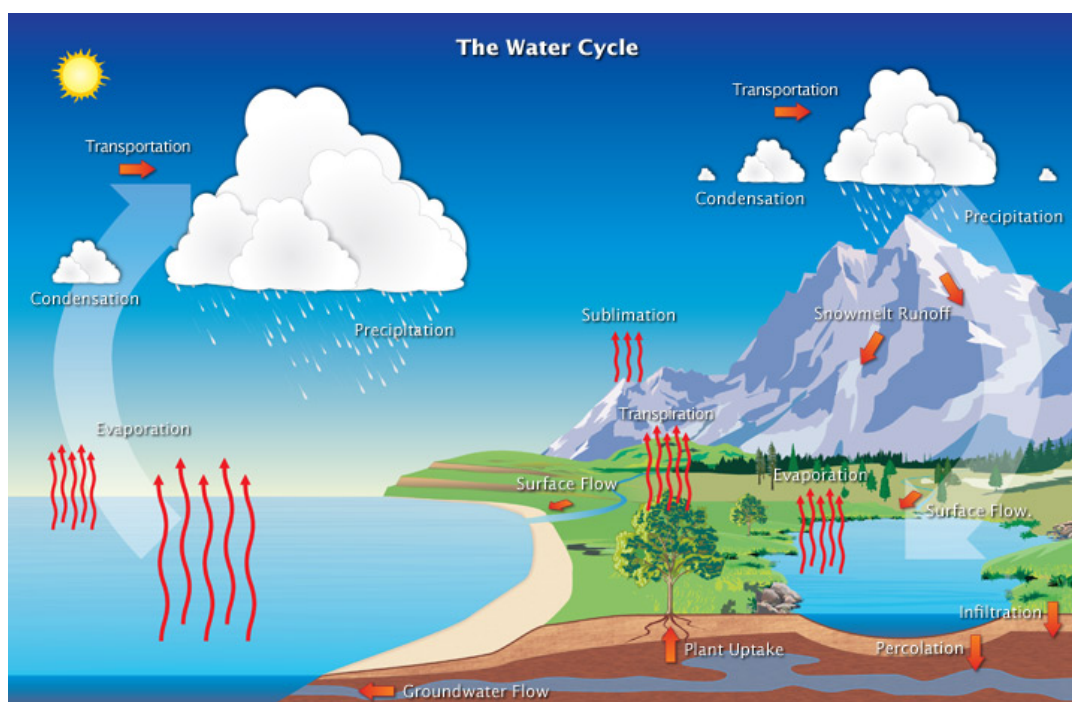
Infiltrationskapacitet	En ytas förmåga att låta en vätska tränga ned i det. (Svenskt vatten 2016, s. 113; SMHI 2018).
Interception	Nederbörd som fastnar på växters blad och grenar och sedan avdunstar (SMHI 2018).
Kornfraktion	Kornstorlek (Wikipedia 2017a).
Ledningsnät	se <i>VA-ledningsnät</i> .
Nature Based Solutions (NBS)	Vattenlösningar inspirerade av ekosystem och som använder sig av dessa eller efterliknar dem. Begreppet Nature Based Solutions uppstod kring år 2002 (WWAP 2018).
Nollfraktion	Ett materials kornstorlek som är nära 0 (Byggipedia u.å.).
Perkolation	Processen när vatten infiltrerat genom en markyta och sedan rör sig vidare ner i jord eller berg (SMHI 2018).
Permeabilitet	Förmågan hos ett material att låta vatten tränga igenom (SGI 2017).
Porositet	Andel volymprocent luftporer i ett material (Wikipedia 2017c).
Recipient	En naturlig vattenkälla dit renat avloppsvatten eller orenat dagvatten leds (VA-Syd 2017a).
Referensperiod	Tidsperioder med ett medelvärde från insamlad data (SMHI 2018).
Rinntid	Den totala tiden för ett regn att, från en specifik yta, rinna till en särskild punkt eller till dit det sedan avleds (Svenskt vatten 2016, s. 114).
Slitlager	Det översta skiktet i en överbyggnad (Skogskunskap 2016).
Sorterat material	Jord som är mer homogen i sin kornstorleksfördelning (SGI 2018).
Substrat	Det material en växt växer på (Wikipedia 2013).
Terrass	Terrassen är den övre delen av den naturliga jorden och bergmassan som finns under en överbyggnad (S:t Eriks (u.å. c).
Tillgänglighet	God tillgänglighet innebär att en plats är väl anpassad för personer med någon typ av funktionsnedsättning (MFD 2017).
Trög avledning	Att vatten, lokalt, tillåts infiltrera och perkolera innan det avleds till öppna dagvattenlösningar eller ledningsnätet (Svenskt vatten 2016, s. 115).

VA-ledningsnät	Ledningar under mark som distribuerar vatten i våra samhällen (Wikipedia 2017b).
Vattenbalans	Hur mycket vatten som kommer till och försvinner från ett specifikt område (SMHI 2018).
Vegetationsperiod	Den del av året då klimatet är tillräckligt gynnsamt för tillväxt hos växter (Skogskunskap 2016).
Vinnova	Sveriges innovationsmyndighet (Vinnova 2018).
Ytavrinning	Dagvatten som inte infiltreras och därmed transporteras på en yta (SMHI 2018).
Återkomsttid	Ett begrepp, som här, syftar till tidsintervall mellan nederbördstillfällen eller temperaturväxlingar. Till exempel 1-årsregn, 5-årsregn eller 100-årsregn. (Svenskt vatten 2016, s. 115).
Överbyggnad	Uppbyggnaden under ett slitlager som dimensioneras olika beroende på bland annat den slutgiltiga bärigheten (Skogskunskap 2016).

## 2. TEORI

### 2.1 Vattnets kretslopp

Med hjälp av solenergi avdunstar vatten, främst från haven, och blir nederbörd över landmassor. Det mesta av vattnet rör sig sedan vidare genom marken, sjöar och andra vattendrag för att slutligen nå havet igen (SMHI 2018b).



Figur 1: The Water Cycle av AIRS (CC BY 2.0)

### 2.2 Klimatförändringar

Vi lever i en tid med klimatförändringar. Klimatförändringarna innebär inte bara en förhöjd global medeltemperatur. Vad som händer, och troligtvis kommer bli allt mer vanligt, är kraftigare fluktuationer och mer frekventa olika klimatextremer. Förändringarna kommer däremot variera beroende på tiden på året och var i världen vi befinner oss (Rummukainen 2012). Följande tre punkter som Rummukainen (2012) sammanfattat är relevanta för denna rapport:

- Värmeböljor med varierande intensitet och varaktigheter, samt tätare återkomsttider.
- Färre köldperioder, dock med reservation för högre intensitet och varaktighet.
- Nederbörd med högre intensitet.

Genom olika klimatscenarier förutspår man att Sveriges årliga medeltemperatur kommer öka med 2 - 7°C under åren 2071 - 2100 jämfört med 1960 – 1990, med störst temperaturförändringar i Sveriges nordligare delar. Troligtvis är det främst vintrarna som blir varmare och därmed höjer medeltemperaturen, men även somrarna spås få en medeltemperaturökning mellan 1 - 6°C (Miljö- och energidepartementet 2017b).

Till nästa århundrande antas nederbörden i Sverige öka med 0 - 40%, däremot med stora regionala skillnader och variationer från år till år. Troligtvis kommer nederbörden öka mest under vintern. Sommartid förväntas de södra delarna av landet få minskad nederbörd men däremot en liten ökning i norra Sverige. Sverige kommer troligen få mer frekventa skyfall med ökade intensiteter, återigen med stora lokala och regionala skillnader. Trots den förutspådda minskade nederbörden under sommaren kommer intensiteten troligen öka med 10 - 15% i slutet på detta århundrande. Risken för ett 10-årsregn antas öka med 10%. Samtidigt tror man att sannolikheten för ett 20-årsregn kommer minska med 6 - 10 år under sommaren och med 2 - 4 år under vintern. Data är baserad på referensperioderna 1960 - 1990 och 2071 - 2100 (Miljö- och energidepartementet 2017b).

En längre vegetationsperiod innebär även en ökad transpiration som i sin tur kan leda till sänkta grundvattennivåer och vattenbrist, dock främst i de sydöstra och centrala delarna av Sverige men även här med stora lokala och regionala variationer. I södra Sverige är vattenbehovet störst när tillgängligt vatten är som minst, och kombinationen av höjda temperaturer och ökad evaporation och transpiration får större konsekvenser (Miljö- och energidepartementet 2017b).

Värmeböljor kommer också bli mer vanliga i Sverige. Värmeböljor som förut drabbat Sverige med 20-årsintervaller antas få en återkomsttid på 3 - 5 år i slutet av århundradet (Miljö- och energidepartementet 2017b).

## 2.3 Folkökning, urbanisering & förtätning

År 2030 förväntas den globala folkmängden ha ökat med en miljard, och i Sverige med en miljon (FN 2017; Statistiska centralbyrån 2016). Samtidigt pågår en ökande global urbaniseringstrend; fler människor bor idag i samhällen och städer än på landsbygden (FN 2014). I Sverige har folkökningen de senaste 40 åren främst skett i



våra förortskommuner, i synnerhet kring våra tre storstadsregioner. Bara i Skåne förutspås folkmängden öka med cirka 450 000 invånare de kommande 30 åren (Boverket 2012).

I urbaniseringens spår är förtätning, istället för utbredning, av städer en viktig diskussion. Stadsutbredning har många negativa följder i hållbarhetsutvecklingens samtliga tre dimensioner: ekonomiska, ekologiska och sociala (EEA-FOEN 2016, s. 19; UNDP 2017a). Eftersom befolkningsökning även innebär ett större försörjningsbehov bör bördig mark som kan användas till jordbruk inte exploateras (EC 2012, s. 16).

På några platser kring medelhavet sker en stadsutglesning; människor flyttar ut från stadskärnorna (Science for Environment Policy 2012). Detta innebär att ny bebyggelse försluter marker och krymper habitat för djurliv och fragmenterar landskapet som i sin tur genererar större miljöpåverkan och kostnader (Science for Environment Policy 2012; EEA-FOEN 2016).

## 2.4 Hållbar utveckling

FN:s världskommission för miljö och utveckling och i Brundtlandrapporten - *Our Common Future* - definierades 1987 begreppet hållbar utveckling. Definitionen lyder: "Hållbar utveckling är en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov" (UNDP 2017b; Nationalencyklopedin 2018).

Den 25 september 2015 samlades FN och alla medlemsländer för att gemensamt anta det som går under *Agenda 2030*. Agendans mål är att mellan år 2016 - 2030 gemensamt arbeta för långsiktig global hållbar utveckling. Totalt redovisas 17 hållbarhetsmål (se Figur 2) med 169 delmål. Sveriges regering tillsatte i mars 2016 en Agenda 2030-delegation (Finansdepartementet 2016; Hållbar Stad 2018, Agenda 2030-delegationen 2018). Regeringsuppdraget att *Upprätta och förvalta en plattform för frågor om hållbar stadsutveckling* rörde flera myndigheter och aktörer (Socialdepartementet 2014). Uppdraget har slutat gälla, men i december år 2017 inrättade regeringen *Rådet för hållbara städer*. Rådet ska verka till maj 2022 och ska fungera som ett forum för strategiskt viktiga och involverade myndigheter med strävan mot en hållbar stadsutveckling (Miljö- och energidepartementet 2018b).

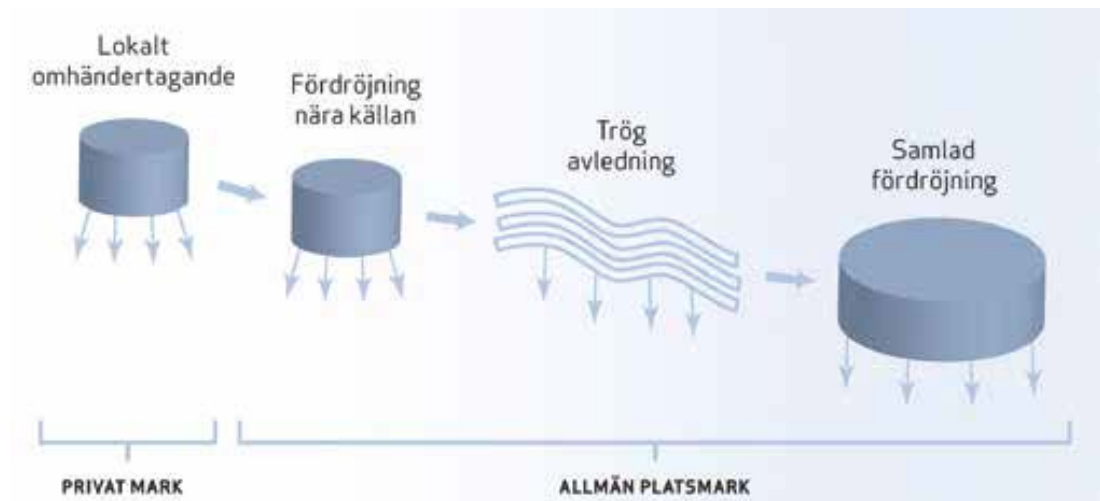


Figur 2: FN:s 17 hållbarhetsmål

## 2.5 Resiliens & hållbar dagvattenhantering

Stockholm Resilience Centre (u.å.) definierar begreppet resiliens som: "Förmågan hos ett system – t ex en skog, stad eller ekonomi – att hantera förändring och fortsätta att utvecklas; motstå stötar och störningar (t ex klimatförändringar eller finansiella kriser) och använda sådana händelser för att katalysera förnyelse och innovation.”.

Hållbar dagvattenhantering är ett begrepp som fick större fäste under början av 2000-talet. Begreppet syftar till en dagvattenhantering så lik det naturliga vattenkretsloppet som möjligt (Svenskt vatten 2016). För att försöka efterlikna det naturliga vattenkretsloppet i ett område innan det bebyggdes uppmanas till lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD), dock med grundliga förundersökningar av platsens beskafterheter och med tydliga instruktioner ifall det införs i en detaljplan (Svenskt vatten 2011).



Figur 3: Olika kategorier på öppna dagvattenlösningar (AMIS Illustration, Ann-Marie Halldin 2016)

### 3. PROBLEMATIK & ÅTGÄRDER

#### 3.1 Problematiken kring hårdgjorda städer

Som tidigare nämnts är städers byggnader och infrastruktur ofta byggd med hårda och ogenomsläppliga material; bostäder, närings- och industriverksamheter och transportleder (EC 2012). Faktorer som spelar in när hårdgjorda ytor dimensioneras för transport är bland annat terrasstyp, tjälfarlighetsklass, typ av trafik och frekvens av denna (S:t Eriks u.å. a). Hårdgjorda ytor verkar dessutom ha använts som lösningen på ett minskat skötselbehov eftersom att sådana ytor innebär minskad etablering för oönskade växter av olika slag. Andelen hårdgjord yta i Malmö har registrerats sedan år 2000. Vid denna tidpunkt hade Malmö, inom tätortsgränsen, 45% andel hårdgjord yta och 2010 hade den ökat till 49% (SCB 2015; Malmö stad 2017).

##### 3.1.1 Förlust av värdefull mark

Inom EU tas, varje år, en yta lika stor som Berlin i anspråk för samhällsbyggande och infrastruktur där cirka hälften "försluts" av hårda material (Prokop, Jobstmann & Schönbauer 2011, s. 24). Stadsutbredning och att försluta mark har en stor negativ inverkan på kemiska och biologiska funktioner och biodiversitet bland annat genom förlust av habitat (Prokop, Jobstmann & Schönbauer 2011, s. 24; EC 2012).

##### 3.1.2 Ytavrinning, översvämning & erosion

Vatten färdas snabbare på släta ytor, och när dessa utgörs av ogenomsläppliga material som inte tillåter vatten att infiltrera transporteras det fort vidare (Thoni, T. 2017). I urbana sammanhang leds vattnet till ledningsnätet som lätt blir överbelastat vid kraftigare nederbörd och kan orsaka översvämning eller att recipient får onaturligt höga flöden med risk för erosion (Science for Environment Policy 2012; Thoni, T. 2017). På ytorna ansamlas även föroreningar som sköljs med vattnet ut i närliggande vattendrag (Science for Environment Policy 2012). Avrinningskoefficienten är en faktor som indikerar hur mycket vatten som rinner av/bort från ett material (Svenskt vatten 2016).

### 3.1.3 Värmeöeffekten – Urban Heat Island

Solenergi absorberas och alstras mer eller mindre i städernas hårda material (EC 2012; Thoni, T. 2017). Värmen strålar tillbaks i atmosfären under natten och kan öka den urbana temperaturen. När den naturliga vattencykeln är bruten kan inte värmen heller avges naturligt genom evaporation eller transpiration. Temperaturskillnaden kan vara så mycket som 1 – 2°C lägre över en gräsmatta än omkringliggande ytor (EC 2012). Luftföroreningar från bland annat trafik bidrar även till värmeöeffekten (Hall, M., Lund, E. & Rummukainen, M. 2015). Fenomenet förväntas att förvärras allt med klimatförändringarna och tros även bidra till värmeböljor som drabbat Europa (Science for Environment Policy 2012; Thoni, T. 2017). År 2003 drabbades Europa av en ihållande värmebölja, där urbana områden var speciellt utsatta, med ca 35 000 dödsfall som följd (Thoni, T. 2017). Ungefär 15 000 av dödsfallen var i Frankrike (Science for Environment Policy 2012).

## 3.2 Genomsläppliga slitlager

Ett mer genomsläppligt slitlager innebär att ytan mer eller mindre tillåter vatten och gaser att passera eller infiltrera denna. Fördelarna är flera; till exempel att marker inte försluts och att det naturliga vattenkretsloppet bättre efterliknas. En annan fördel är att VA-ledningsnätet avlastas och risken för översvämningar minskar vid håftiga skyfall. Dessutom förhindras eventuella föroreningar att hamna hos recipient, och de tillåts brytas ned biologiskt på plats. Ännu en positiv effekt är att en ökad evaporation kan minska värmeöeffekten. Genomsläppliga ytor kan alltså ses som ett filter och en typ av dagvattenfördröjning, men i situationer då dagvattnet inte bör perkolera ned i terrassen eller om det inte är möjligt kan det behövas underliggande dräneringsrör eller andra konstruktionstekniker för att avleda överskottsvatten (Ferguson 2005; Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. 2011).

Valet av genomsläppligt slitlager bestäms utifrån klimat, hur ytan kommer trafikeras och det underliggande terrassmaterialet, men skötselkrav och kostnader är troligtvis också avgörande under planeringsprocessen.

Det finns flera typer av slitlager med varierande genomsläpplighet och avrinningskoefficient, och med olika för- och nackdelar.

### 3.2.1 Gräsmatta på grovkornigt material

Gräsmatta på grovkornigt och mer genomsläppligt material skiljer sig från konventionella gräsmattor på sandbaserad jord. Det är avgörande att gräsmattor på grovkornigt material anläggs korrekt så att genomsläppligheten inte försämras över tid (Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. 2011).

#### Genomsläpplighet



En korrekt anlagd gräsmatta på grovkornigt material har stor infiltrationsförmåga med en avrinningskoefficient på 0,05 – 0,3 (Ferguson 2005; Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. 2011).

#### För- och nackdelar

- Det grovkorniga materialet kan bestå av återvunnet lokalt material vilket är fördelaktigt ur ett hållbarhetsperspektiv (Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. 2011).

*Figur 4: Stig med grovkornigt slitlager för fotgängare, cyklister och även enstaka lätta till medeltunga motorfordon (Johan Singharat Borner 2018).*

- Skötselbehovet anses enligt (ibid.) vara

likvärdigt med en konventionell gräsmatta med 2 – 3 klippningar per säsong. Tittar man på skötselfrekvensen på gräsmattor i Göteborgs stad (u.å.) är gräsmattor som klipps mellan 1 – 3 gånger per säsong kategoriserade som äng.

#### Trafik

Gräsmatta på grus lämpar sig bra för gångtrafik eller parkeringsytor med låg till medelhög användning av lätta fordon (Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. 2011).

### 3.2.2 Grusytor av grovkornigt material

Ytor med denna typ av material kallas bland annat grusgång, grusväg eller grusyta. Ferguson (2005) samlar hårda material i form av krossprodukter eller naturligt formade korn under begreppet grovkornigt material. Enligt Anläggnings AMA 98 (1999) går gränsen för dränerande kornstorlekar vid en kornstorlek på 0,063mm.

### Genomsläpplighet

Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. (2011) redovisar tekniska överbyggnadsdimensioneringar lämpade för tre olika typer av trafikklasser. Noterbart är att samtliga skikt i överbyggnaderna innehåller packade nollfraktioner, vilket förklarar varför denna typ av slitlager anses ha en 50% genomsläpplighetsförmåga och därför kan ses som en semi-försluten yta. Avrinningskoefficienten beror på markens lutning och överbyggnad från 0,2 på en plan yta till 0,7 i en stark lutning (Ferguson 2005; Svenskt vatten 2016).

I Sverige anläggs idag ytor med grovkornigt material som till exempel blandas upp med pimpsten för att vidare öka genomsläppligheten och det sägs att den är mindre skötselkrävande än en konventionell grusanläggning (Bara Mineraler u.å.). Anmärkningsvärt är att nollfraktioner inte finns i alla överbyggnadslager hos denna typen av grusyta, troligtvis sämre anpassat för högre trafikklasser. Enligt Syrén<sup>1</sup> ökar genomsläppligheten ca 3-4 gånger då 20-25% pimpsten blandas med kornfraktioner på 0-8 mm och 4-8 gånger om man blandar in 40-50% pimpsten. Syrén understryker dock även att formerna på 0-8-fraktionerna är avgörande för genomsläppligheten.

---

<sup>1</sup> Bengt Syrén, Bara Mineraler, mailkontakt 2018-05-11.

### För- och nackdelar

- En fördel med grovkornigt slitlager är att det kan utgöras av återvunnet material (Ferguson 2005).
- För att ytorna inte ska växa igen med tiden finns det ett visst skötselbehov, men även påfyllning av hål som kan uppstå i ytlagret (Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. 2011).
- Den konventionella typen av grusytor med nollfraktioner kan bli kladdig vid väta men ytor med inblandad pimpsten sägs inte bli det på grund av den ökade infiltrationsmöjligheten, och att de också kräver mindre skötsel (Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. 2011; Bara Mineraler u.å.).
- Snöröjning kan bli svårare (Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. 2011).

### Trafik

Ytor med grovkornigt slitlager lämpar sig bäst för fotgängare och lågt trafikerade ytor med lättare fordon (ibid.).

### 3.2.3 Hålsten & marksten med genomsläppliga fogar/distanser

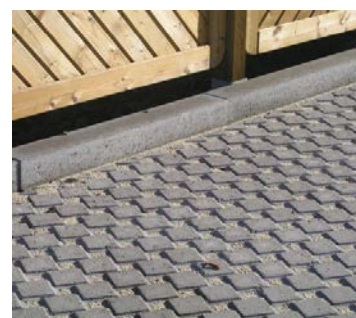


*Figur 5: Utfart från parkeringsyta av hålsten (Johan Singharat Borner 2018).*



*Figur 6: Uni-Ecoloc av Starka*

Denna typ av marksten av exempelvis betong eller tegel skapar hålrum som går helt igenom materialet eller vid sidan av det - typen kallas ibland även gräsarmering. Hålrummen kan fyllas med genomsläppligt material med eller utan någon typ av vegetation, exempelvis gräs (Ferguson 2005). Idag finns olika typer av hålsten från olika tillverkare. S:t Eriks (u.å. b) har i dagsläget tre olika typer av hålsten.



*Figur 7: Uni-Ecoloc av Starka.*

### Genomsläpplighet

Avrinningskoefficienten beror bland annat på vilken typ av fyllnad som läggs i hålrummen men Ferguson (2005) redogör för en faktor mellan



*Figur 8: Siena Eco av Starka.*



0,00 – 0,50 medan Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. (2011) ger avrinningskoefficienten 0,6 till hålsten när grovkornigt material använts som fyllnad, och faktorn 0,7 då hålrummen fyllts med humusrik jord och gräs.

#### För- och nackdelar

- En fördel med denna typ av genomsläppligt slitlager är att infiltrationsförmågan blir god när hålrummen fylls med grovkornigt material. Hålsten har även bra bärighet (Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. 2011).
- En nackdel är skötselbehovet för att hålen inte ska bli igenväxta. Dessutom finns en viss etableringssvårighet för gräs eftersom hålrummen inte kan hålla särskilt mycket vatten (Ferguson 2005; Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. 2011).
- Anläggningsmomentet är också avgörande för en god infiltrationskapacitet; fyllnadsmaterialet får till exempel inte vara i linje med hålrummets övre kant, då risken för kompaktering finns och resulterar i att vatten inte längre kan infiltrera (Ferguson 2005).

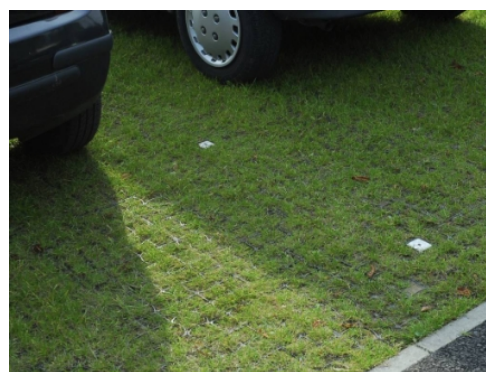
#### Trafik

Överbyggnaden för en yta med hålsten bestäms efter ytans användning men på grund av sin bärighet lämpar den sig väl för frekvent använda parkeringsytor, brandvägar, gångstråk och vägrenar. Håligheterna orsakar däremot skakningar och är inte särskilt bra för kundvagnar (ibid.).

### 3.2.4 Förstärkningsnät av plast

#### Genomsläpplighet

Denna typ av genomsläpplig yta utgörs av ett plastraster som kan fyllas med genomsläppliga material med eller utan gräs. Rastret tar väldigt liten yta och ger därför en väldigt hög icke-försluten yta med en avrinningskoefficient på ca. 0,3 (BG Byggros AB 2018). Idag finns det ett flertal olika produkter på marknaden.



Figur 9: Ecoraster – gräsarmeringsblock av Byggros AB.

#### För- och nackdelar

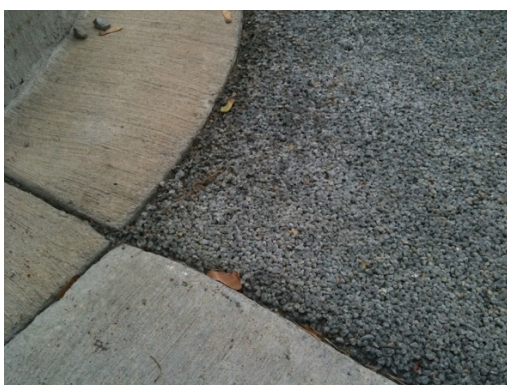
- Rastren väger inte mycket och ger därför inga tunga och dyra transportkostnader (Ferguson 2005).
- Förhållandevis lätt att anlägga (ibid.).

- Rastren kan bli förflyttad av trafik och beroende på modell kan det i vissa fall behövas någon typ av jordankare (ibid.).
- En fördel är att de ej är frys- & tåkänsliga (ibid.).
- Kan tillverkas av återvunnen plast (ibid.).

## Trafik

Byggros, tillverkare av produktlinjen Ecoraster (se Figur 9), har olika typer av förstärkningsnät att välja mellan beroende på vad ytan ska användas till; alltifrån tung trafik till stigar och lekplatser (BG Byggros AB 2018).

### 3.2.5 Genomsläpplig betong



Figur 10: Den högra delen på bilden visar genomsläpplig betong. Porous pavement by Aaron Volkening (CC BY 2.0)

Ferguson (2005) benämner begreppet betong som

krossmaterial bundet i en massa, vanligen cement.

Betong med hög genomsläpplighet skiljer sig nästan inte

alls från vanlig och konventionellt använd betong; den

viktiga detaljen ligger i vad man blandar ned i cementet -

ett sorterat och kantigt material som skapar luftfickor

mellan kornen (ibid.).

#### Genomsläpplighet

Till skillnad från exempelvis hålsten eller marksten med distanser bidrar hela ytan till dagvatteninfiltration (ibid.).

Avrinningskoefficienten för genomsläpplig betong är inte fastställd men antas ha liknande egenskaper som

genomsläpplig asfalt som har en avrinningskoefficient på 0,12 – 0,40 i det nyanlagda stadiet (ibid.).

#### För- och nackdelar

- Då genomsläpplig betong kräver både sorterade kornfraktioner och också ett mer precist anläggande innebär det att kostnaderna för denna typ av beläggning blir dyrare än konventionell betong (Ferguson 2005).
- Ferguson (2005) menar att materialets porositet skapar goda förutsättningar för utveckling av vattenrenande mikroliv, dock finns det risk för att materialet sätter igen. Beroende på vad som sätter igen ytan går det oftast, med ganska enkla medel, att återställa dess genomsläpplighet (ibid.).
- Genomsläpplig betong kan möjligen vara mindre lämpligt i klimat med frys/tö-växlingar eftersom vatten expanderar i fryst form och därmed riskerar att spränga materialet om porerna innehåller för mycket vatten i den stund som det fryser på (ibid.).

- En yta med genomsläpplig betong som slitlager ger en jämn yta som sägs avge minskat buller från trafik (ibid.).
- Betong i sig är ljusare än asfalt och kan möjligen minska effekterna av en eventuell värmeöeffekt (ibid.).
- Ytorna blir jämna och fungerar väl ur ett tillgänglighetsperspektiv (ibid.).

## Trafik

Genomsläpplig betong ger jämna ytor som lämpar sig för cykelvägar och parkeringsytor men även har visat sig vara hållfast för mer trafik ifall överbyggnaden dimensioneras för det (ibid.).

### 3.2.6 Genomsläpplig asfalt

Asfalt, som egentligen är en förkortning av asfaltbetong, är ett material som består av krossmaterial bundet i ett bindemedel (Ferguson 2005). Bitumen är det bindemedel som ofta används i asfalt. Bindemedlet är mer eller mindre elastiskt beroende på temperatur och blandning (Wikipedia 2017a; Ferguson 2005). Skillnaden mellan konventionell asfalt och genomsläpplig asfalt är att den genomsläppliga asfalten är uppbyggd med sorterat material för att uppnå hög porositet (Ferguson 2005).



Figur 11: Permeable asphalt by Aaron Volkening (CC BY 2.0)

## Genomsläpplighet

Kornstorleken i en genomsläpplig asfalt spelar en avgörande roll för materialets slutgiltiga genomsläpplighet. En nyanlagd genomsläpplig asfalt kan enligt Ferguson (200) ha mellan 15 – 20 % porositet. En hög porositet står i relation till materialets genomsläpplighet och risken för igensättning minskar (ibid.). Avrinningskoefficienten för en nylagd yta är enligt Ferguson (2005) mellan 0,12 – 0,40.

## För- och nackdelar

- Eftersom bitumen har en egenskap av att vara lätt elastiskt kan trafikerade ytor påverka porositeten och därmed infiltrationskapaciteten (ibid.).
- Genomsläpplig asfalt ger förutsättningar för mikroliv som kan ha en vattenrenande effekt (ibid.).
- Risk för igensättning (bör ej sandas under vinterhalvåret) med skötselinsatser som kan återställa materialets genomsläpplighet. (ibid.).

## Trafik

Slitlager med genomsläpplig asfalt anses ha hög hållfasthet för de flesta typerna av trafik (ibid.).

nnnnn

### 3.3 Retroaktiv anpassning - avhårdgörning

I uppsatsen avser alltså en retroaktiv anpassning av hårdgjorda ytor att dessa görs mer genomsläppliga genom avhårdgörning. I Portland i USA finns en frivillighetsorganisation som kallar sig *Depave*. Organisationen vill motverka förorenade vatten, till följd av snabb ytavrinning, och också återställa det naturliga vattenkretsloppet så att växt- och djurliv och därmed människors hälsa gynnas. Depave arbetar aktivt med att avhårdgöra ytor och utbilda och informera samhället (Depave u.å.).

### 3.4 Kompensationsåtgärder

I situationer då friska och fertila marker exploateras har Prokop, Jobstmann & Schönbauer (2011) identifierat tre olika typer av kompensationsystem inom EU. Två av dem följer nedan:

- Kompensationskostnader för nyexploatering:  
  
Marker delas in i olika kostnadsgrupper efter dess kvalitet/fertilitet eller biologiska värde. Tanken är att styra nyexploatering till marker av sämre kvalitet bättre lämpade för byggnation. Denna typ av kompensation utförs i Tjeckien och Slovakien.
- Kompensation för den exploaterade marken i form av att återställa mark någon annanstans:  
  
Flera tyska delstater använder sig av denna typ av kompensationsåtgärd och 2011 testades det i Österrike. Åtgärden riktar inte in sig på själva förslutandet av mark utan snarare nyexploatering och naturpåverkan.

### 3.5 Hållbar dagvattenhantering i utlandet

#### 3.5.1 Danmark & Köpenhamn

I "Copenhagen Climate Adaptation Plan" (2011) belyser man fyra problemområden: värmeöeffekten, grund- och dagvatten och översvämningar. Resonemanget är att se möjligheter med klimatförändringar och att finna lösningar som är mindre kostsamma än konventionell dagvattenhantering då det finansieras genom skattepengar (ibid.).



### 3.5.2 Storbritannien

År 2001 bodde ca 80% av Storbritanniens befolkning i urbana områden. Ungefär 77% nya bostäder hade däremot byggts på redan exploaterad mark, vilket delvis har gjort Storbritannien till det land i EU med lägst andel hårdgjord yta per invånare ( $156\text{m}^2$ ) (Prokop, Jobstmann & Schönbauer 2011). Trots detta har många delar av Storbritannien åtskilliga gånger drabbats av kostsamma översvämningar som delvis förvärrats på grund av hårdgjorda ytor (Defra 2008; GLA 2011; Wikipedia 2018b). Vid markförändringar, större än  $5\text{m}^2$  där icke-genomsläppliga material används, har den brittiska regeringen infört krav på bygglov (GLA 2011).

I vattenstrategin för England redovisas visioner för år 2030, bland annat i form av minskad belastning av vattenledningsnät, och tillvaratagande av dagvatten och ökad infiltration. Strategin lyfter behovet och ger exempel på hållbara dagvattenlösningar som bättre efterliknar naturliga processer, och uppmanar att ta hand om vattnet nära källan (Defra 2008).

Londons plan för hållbar vattenavledning (GLA 2015) har en långsiktig målbild att inspirera och samordna dagvattenhantering i staden och att satsa på ett grönare och mer hållbart dagvattensystem. Siktet står på en reducering av ytligt dagvatten till ledningsnätet på 1% varje år i 25 år fram till år 2040, vilket innebär en total reduktion på 25%. Implementering av innovativa dagvattenlösningar vid ny- och ombyggnation är en åtgärd i strävan för hållbara dagvattenlösningar, dock sker endast ca 0,5% nyexploatering per år vilket gör att staden tittar på retroaktiv anpassning av redan exploaterad mark (ibid.). Blicken rör sig även mot rörelser och organisationer över stora landytor. Planen redovisar även en hierarkisk ordning på totalt sju punkter över tillvaratagandet av dagvatten. Punkt nummer två lyder: "I områden med genomsläpplig terrass använda tekniker som ökar infiltrationsmöjligheter, bland annat med hjälp av genomsläppliga markmaterial" (ibid., s. 17).

Otydligheter rörande ansvaret för dagvatten har resulterat i ett partnerskap mellan alla berörda parter – *the Drain London Forum*. Tillsammans med dessa har London som mål att skapa ett stödforum för översvämningsdrabbade områden och hjälpa till att öka dess resiliens. Dessutom har man haft som mål att ha minst tre projekt som ska demonstrera hur stadsgrönska kan omhänderta ytligt dagvatten och sänka vattnets hastighet, minska belastningen på ledningsnäten och därmed minska risken för översvämningar (ibid.).

*Making Space for Water* är en strategi för att utveckla metoder för att förhindra översvämningar och erosion i England; såväl kust, vattendrag som i urbana sammanhang. Strategin ska ses som ett levande dokument och en kunskapsbank där flera pilotprojekt sker parallellt (Defra 2008).

### 3.5.3 Tyskland & Dresden

Mängden hårdgjord yta beräknades år 2006 vara 249 m<sup>2</sup> per capita – ett 10% högre snitt än EU:s medlemsländer (Prokop, Jobstmann & Schönbauer 2011, s. 82).

Ända sedan 1976 har tyska miljörätten krävt att inverkan på marker ska undvikas i största möjligaste mån, eller med minimal påverkan och en kompensation med likvärdiga ekologiska värden i nära anslutning till den mark som exploaterats (Küpfer u.ä.). Idag har Tyskland totalt 21 auktoriserade så kallade *Eco Account Agencies*. Dessa myndigheter hanterar kompensationsärenden med exploitören, och genomför sedan korrekta kompensationsåtgärder (Prokop, Jobstmann & Schönbauer 2011, s. 182).

Dresden som ligger vid floden Elbe har flera gånger drabbats av översvämningar som delvis förvärrats av den stora andelen hårdgjorda ytor utmed floden (Prokop, Jobstmann & Schönbauer 2011; Wikipedia 2018a). Dresden har som långsiktigt mål att minska andelen hårdgjorda ytor till 40% av det totala tätortsområdet och avlägsna övergivna byggnader (Prokop, Jobstmann & Schönbauer 2011, s. 183). Enligt Prokop, Jobstmann & Schönbauer (2011, s. 169) har tre rättsligt bindande direktiv införts för att minska utvecklingen av hårdgjorda ytor:

- Byggregler som ska skydda landskap, natur och mark med hänvisning till mer genomsläppliga lösningar för infarter, parkeringsytor och gångstråk.
- Bygglov som föreskriver ett gränsvärde för andel hårdgjord yta för ovanstående exempel.
- Den kommunala parkeringsförordningen begränsar användandet av hårdgjorda ytor vid nybyggnation av parkeringsytor och användandet av genomsläppliga material är tvingande.

Förutom dessa direktiv satte staden år 2002 i kraft ett så kallat markkompensationskonto (Bodenausgleichskonto).

För att få bygga på ännu oexploaterad mark ställs det krav på en kompensationsåtgärd i form av att avhårdgöra eller

bidra till grönområden inom tätortsområdet. Exploatören får antingen utföra kompensationsåtgärden på egen hand eller betala till stadens miljökontor som i sin tur styr flera avhårdgörningsprojekt. Ungefär fyra hektar mark avhårdgörs inom tätortsområdet per år (Prokop, Jobstmann & Schönbauer, s. 183 2011).

### 3.5.4 Kanada – Canadian Water Network

Med sikte på att upprätthålla naturlig och lokal vattenbalans, minska utsläpp av föroreningar till recipient och förhindra översvämningar har Kanada vidtagit olika åtgärder. Bland annat hölls konferenser i innovativ dagvattenhantering under 2007 – 2008 för att utvärdera olika lämpliga metoder med tanken att så lite vatten som möjligt skulle nå det konventionella ledningsnätet. Metoderna för detta nya synsätt innebar att skapa bättre möjligheter för vatten att infiltrera, fördröjas, evaporera och fångas upp genom interception - samtliga avsågs att implementeras i såväl urbana som periurbana sammanhang (Science for Environment Policy 2012).

### 3.5.5 "Sponge City" i Kina

Kina är ett land som har stora problem med vatten. Översvämningar är bara ett av problemen, men vattenbrist eller att det är/blir förorenat är också problem som har resulterat i detta krafttag – *Sponge City Concept* (Embassy of the Kingdom of the Netherlands in China 2016). Målet är att 70% av dagvattnet ska absorberas och återanvändas genom ökade infiltrationsmöjligheter, fördröjning och kvarhållandet av vatten som ska renas och kunna återanvändas (Embassy of the Kingdom of the Netherlands in China 2016; WWAP 2018). Konceptet omnämndes 2013 och i slutet av 2014 startade pilotprojektet med dagvattenlösningar som är en kombination av *Nature Based Solutions* och grå infrastruktur (Embassy of the Kingdom of the Netherlands in China 2016; WWAP 2018). Från och med 2015 ska idéerna, vid ny- och ombyggnation, appliceras på landets samtliga urbana områden, alla typer av industriområden, utbyggnadsområden och samhällen i vad som ses som landets nya standard (Embassy of the Kingdom of the Netherlands in China 2016). Över 3000 byggen är planerade och år 2020 ska 16 pilotprojekt – *Sponge Cities* – ha uppförts där 20% av den byggda ytan ska ha sponge-city-funktioner. År 2030 ska dess funktioner täcka 80% (Embassy of the Kingdom of the Netherlands in China 2016; Roxburgh 2017; WWAP 2018).

### 3.6 Hållbar dagvattenhantering i Sverige

I Sverige finns avslutade men även pågående forskningsprojekt som ska avhjälpa dagvattenproblematiken i våra städer. *Drizzle* är ett pågående projekt som finansieras av Vinnova, Sven Tyréns stiftelse med flera. Målet med projektet är att utveckla platseffektiva dagvattenlösningar som "minskar risken för översvämningar i städer, som minimerar föroreningsbelastningen på sjöar och vattendrag och som fångar de möjligheter som dagvattenavrinning kan erbjuda". Lars Marklund, avdelningschef Vattenutredning på Tyréns, säger i en intervju: "I den moderna staden finns asfalt och betong i överflöd, men väldigt få ytor som kan suga upp allt regnvatten som kommer, eller våtmarker som kan hantera en större översvämning. För att klara detta måste vi snabbt få fram bra metoder i de snabbt växande stor städerna" (Björk 2018).

BiodiverCity är ett annat Vinnova-finansierat projekt från 2016 - 2017. Ur projektet har en "platsanpassad helhetslösning för att möta utmaningar gällande biodiversitet, hållbar dagvattenhantering och rikt stadsliv på en liten yta" tagits fram, kallad Urban Layers. I år, 2018, ska en prototyp byggas i Holma i Malmö tillsammans med fastighetsbolaget MKB, och ett första test finns redan att se på Kostergränd, Ohoj Brf, Malmö (Malmö stad 2018). Ännu ett, nu avslutat, Vinnova-projekt är *Klimatsäkrade Systemlösningar för Urbana Ytor* med syftet att förbättra samverkan mellan grå, gröna och blå ytor i våra städer och flera målsättningar (Andersson, L., Larsson, A., Sörelius, H. 2017).



- Ta fram innovativa dagvattenlösningar som samverkar med gråa och gröna funktioner och säkerställer en hållbar hantering av vatten i stadsmiljön.
- Ta fram dränerande hårdgjorda ytor som reducerar belastningen på dagvattensystemen och minskar bekymmer med översvämningar.
- Säkerställa bärighet hos permeabla konstruktioner utsatta för trafiklast.
- Ta fram kostnadseffektiva konstruktioner och system för urbana trädplanteringar samt säkerställa etablering, tillväxt, överlevnad och vitalitet hos urbana träd.
- Optimera lösningars utformning genom klimatsimuleringar.
- Identifiera lämpliga material och tekniker ur ett hållbarhetsperspektiv.
- Ge entreprenörer och upphandlare rätt verktyg för att göra gröna upphandlingar inom området.

Figur 12: Målsättningar för Vinnova-projektet *Klimatsäkrade Systemlösningar för Urbana Ytor* (Klimatsäkrad stad u.å.)

*Implementering av innovativa systemlösningar för hållbar dagvattenhantering* är en del i projektet och här redogörs för rekommendationer vid planering och anläggning av dagvattensystem. Rekommendationerna delas in i översiktsplan, detaljplan och projektering, anläggning och förvaltning. I rekommendationerna för detaljplan uppmanas det bland annat till att bibehålla den naturliga vattenbalansen så långt det går och att se vattnet som en resurs och hur det kan nyttjas, dock beroende på platsens olika förutsättningar och vattnets kvalitet (Andersson, L., Larsson, A., Sörelius, H. 2017).

### 3.6.1 Göteborg

I Göteborgs vattenplan från 2003 föreslås det att minimera andelen hårdgjord yta med hjälp av alternativa markbeläggningar. Dessutom uppmanar man till att öka tillämpningen av LOD (Lokalt Omhändertagande av Vatten) där det är möjligt och i samband med ny- och ombyggnation (Göteborgs Stad 2003). Inför stadens 400-årsjubileum 2021, tillsammans med Rambøll, har det tagits fram en inspirationsbok - *Göteborg när det regnar* - för stadsplanerare inom staden. De olika tekniska dagvattenlösningarnas funktioner och syften i inspirationsboken kan delas in i fördröjning, rening, ekosystemtjänster och avledning (Göteborgs Stad 2017).

### 3.6.2 Stockholm

Kommunfullmäktige i Stockholm beslutade i 2015 att förnya Stockholm stads dagvattenstrategi från 2002 i arbetet mot ett mer hållbart Stockholm. Strategin ska bidra till att förbättra vattenkvaliteten, att vattnet tas tillvara som en resurs och för att skapa ett mer resilient Stockholm. För att möta lagkrav och miljökvalitetsnormer i stadens omkringliggande vatten/recipienter ska föroreningar i stadens dagvatten minska med 70 - 80%, vilket innebär att ca 90% av årsvolymen behöver fördröjas och renas genom att "Allt dagvatten från hårdgjorda ytor på kvartersmark och allmän mark ska ledas till lokala dagvattenanläggningar med 20 mm fördröjning". Tillsammans med Stockholm Vatten och Avfall och stadens tekniska förvaltningar har det tagits fram en åtgärdsnivå med syftet att fungera som en standard.

### **Åtgärdsnivå för dagvatten i Stockholms stad**

Vid ny- och större ombyggnation ska dagvatten från hårdgjorda ytor fördröjas och renas i hållbara dagvattensystem.

Systemen ska dimensioneras med en våtvolymp på 20 mm och ha en mer långtgående rening än sedimentation. För att ge tillräcklig avskiljning ska våtvolympen utformas som en permanentvolymp, eller en volymp som avtappas via ett filtrerande material med en hastighet som ger en effektiv avskiljning av föroreningar.

En mindre våtvolymp kan accepteras i de fall anläggningen ändå kan uppnå syftet med åtgärdsnivån. Förväntad funktion och reningseffekt ska kunna redovisas.

Avsteg kan medges i de fall tekniska förutsättningar, naturliga förhållanden eller orimliga kostnader i förhållande till miljönyttan medför att det inte är möjligt eller motiverat att dimensionera en dagvattenanläggning som ger den reduktion av föroreningar som behöver uppnås. Motiv och underlag ska i så fall redovisas.

Figur 13: Åtgärdsnivå för dagvatten i Stockholms stad (Stockholms stad 2016)

Tillämpning av åtgärdsnivån ska ske vid ny- och större ombyggnationer som kan minska markens infiltrationsförmåga men möjligheter att implementera åtgärderna ska även prövas i samband med större ledningsomläggningar eller vid ny- eller ometablering av växtbäddar i gatumiljö (Stockholms stad 2018).

### **3.6.3 Malmö**

Malmö stad har sedan länge arbetat för att bygga hållbara dagvattenlösningar i nybyggnadsområden. År 2017 antogs *Skyfallsplan för Malmö* av kommunstyrelsen med målet att skapa en stad som är mer motståndskraftig mot konsekvenserna av skyfall. Samhällsplaneringen ska nu följa de krav som ställs i den gällande lagstiftningen. Planens övriga inriktning, strategi och mål är bland annat att skyfallshänsyn ska implementeras i plan, besluts- och förvaltningsprocesser, berörda kommunala tjänstepersoner ska samverka och utbildas i området och att staden ska kunna hantera ett 100-årsregn med minimala skador och störningar på såväl infrastruktur som invånare (Malmö stad & VA-SYD 2017).

#### **Tillsammans gör vi plats för vattnet & Rostorp**

VA-SYD i samarbete med Malmö stad startade 2017 en satsning *Tillsammans gör vi plats för vattnet*. Satsningen, som i fem år finansieras av Malmös VA-taxa, går ut på att inspirera, informera och konsultera fastighetsägare för att skyfallssäkra Malmö. Ett exempel är egnahemsområdet Rostorp varav ungefär halva området drabbades av översvämning i det stora skyfallet 31 augusti 2014 (VA-SYD 2017b; VA-SYD 2018).

### 3.6.4 Lund

Lunds dagvattenstrategi från 2013 ska kunna användas som ett verktyg och hjälpmedel för förvaltningar, och det uppmanas till samarbete mellan samtliga berörda discipliner i ett gemensamt krafttag mot hållbar dagvattenhantering. I målbeskrivningen, med flera punkter, för dagvattenstrategin vill man bland annat synliggöra dagvattnet och se det som en resurs och tillgång för skapandet av ekosystemtjänster genom exempelvis ökad estetik/rekreation och andra biologiska värden. Det läggs även vikt kring föroreningar och översvämningsrisker; dessa ska tas om hand och begränsas. "Målet är att Lunds kommun inom 10 år har ett robust miljö- och klimatanpassat system för hantering av dagvatten som möjliggör utveckling och expansion i ett föränderligt klimat och som bidrar till ökad livskvalitet och ett mer attraktiv Lund." (Lunds kommun 2013).

## 3.7 Resultat & framtidsutsikter

Resultaten från undersökningen visar att den internationella synen på dagvatten är i förändring. Aspekterna kring dagvattenproblematiken är flera men vare sig det rör sig om översvämningsrisker, vattenbrist, föroreningar eller andra relaterade problem är målbilden tydligt genomgående hos de exemplen som undersökts – hållbar utveckling och resiliens. Vi ser hur utvecklingen drivs framåt i FN och EU, till vår egen regering och i de svenska kommunerna i form av agendor, planer och strategier (Vattenmyndigheterna u.å.; UNDP 2017; Miljö- och energidepartementet 2018a; WWAP 2018).

Resultaten visar också att det finns en övergripande ambition att öka infiltrationsmöjligheter i städer genom att begränsa användandet av icke-permeabla markmaterial men att avhårdgörning som en fristående handling inte är särskilt vanlig. I flera studerade exempel ser vi att innovativa dagvattenlösningar planeras vid ny- och ombyggnation men att det faktiskt också finns några exempel som bättre liknar avhårdgörning, bland annat som initiativ från frivillighetsorganisationer. Dresden i Tyskland har även, med sina 40% hårdgjorda ytor, har visat att avhårdgörning som enskild insats är möjlig eftersom stora ytor redan anpassats där.

Vad gäller olika genomsläppliga markmaterial ser vi se att det finns olika material att tillgå för att öka infiltrationsmöjligheter för vatten i städer.





## 4. AVSLUTNING

### 4.1 Diskussion & slutsatser

Vi har läst om exempel från Tyskland med krav på kompensationsåtgärder med krav på att uppnå samma ekologiska status för förlorad mark och också hur övergivna byggnader avlägsnas. Vi har också läst om brittiska visioner att avlasta VA-ledningsnätet genom ökad infiltration och även krav på bygglov vid större markarbeten där markytan försluts. London i sin tur med ambitionen att varje år avlasta VA-ledningsnätet med 1% fram till år 2040 innebär att man tittar på någon typ av retroaktiv anpassning av hårdgjorda miljöer eftersom det sker så pass liten nyexploatering. Om denna retroaktiva anpassning innefattar avhårdgörning eller mer innovativa dagvattenlösningar är inte helt klart.

Avhårdgörning som fristående handling är ett ingrepp som kanske inte är helt i enlighet med en ekonomisk hållbarhet; det är troligtvis dyrt med avhårdgörning. Eller är det möjligen så att kostnaden betalar sig i det långa loppet? Däremot är avhårdgörning kanske inte implementerbart överallt eftersom det finns väldigt många utvärderande parametrar att ta hänsyn till vad gäller dagvattenhantering, till exempel platsens flera olika beskaftenheter från föroreningsgrad till terrasstyp. Vissa mer genomsläppliga material är troligtvis inte heller helt lämpade för det nordiska klimatet.

Multifunktionella dagvattenlösningar med hållbarhetsmålen sociala, ekonomiska och ekologiska värden är troligen prioriterade lösningar framför avhårdgörning eftersom en multifunktionell regnbädd, som kan bidra till hållbarhetens alla tre nivåer, är en synlig lösning och blir ett konkret exempel för alla invånare. Ett ökat användande av genomsläppliga markmaterial kanske inte direkt bidrar till ett högre estetiskt värde för invånarna i ett samhälle, men definitivt till hållbarhetens samtliga nivåer även denna - dock inte lika konkreta eftersom funktionerna är mer dolda och också att till exempel fenomenet värmeöeffekten eller vattnets kretslopp inte är allmänkunskap bland befolkningen.

Det finns troligtvis många orsaker till att genomsläppliga material inte används mer än det gör. En av bromsklossarna är förmodligen att genomsläppliga ytor ger skötselbehov som innebär förändrade förhållningssätt och rutiner från hur det ser ut idag. Det kan tänkas att det delvis saknas kunskap för att behålla funktionerna hos ett genomsläppligt material och att det är en kostnadsfråga både gällande anläggandet och skötseln av ytan. Tillgänglighetsaspekten är troligtvis ytterligare en anledning som bromsar utvecklingen eller gör att konventionella alternativ går före.

Innovativa och multifunktionella dagvattenlösningar kommer troligtvis bli mer vanligt både i Sverige och internationellt. Lösningarna som ställer krav på spetskunskap, nya skötselrutiner och är dyra att anlägga – kanske inte är så olika ytor med mer genomsläppliga material ändå. Det är lätt att fokus hamnar på svårigheter och problem i att inrätta nya lösningar, metoder, rutiner och förhållningssätt, men möjligen är en ökad användning av genomsläppligt markmaterial inte mer komplext än de innovativa dagvattenlösningarna. Eftersom vattnet är ett samhällsproblem måste alla vara delaktiga i dagvattenhanteringen, och vikten av att informera om vattnets betydelse och hur våra samhällen påverkar vattnet måste spridas till alla berörda – det vill säga till samtliga medborgare.

Översvämningar verkar ha varit katalysatorn i arbetet och strävan mot mer vattenresilienta städer men som vi ser är konsekvenserna av hårdgjorda städer många fler, och flera av dem är inte ens beskrivna i denna uppsats. I Storbritannien ska man exempelvis göra allmänheten mer medveten om sin vattenkonsumtion genom att öka andelen hushåll med vattenmätare men också genom att demonstrera hur vatten på olika sätt kan omhändertas i våra städer. Detta kan i sin tur leda till större kunskap och acceptans gällande öppna dagvattenlösningar och att det gemensamma arbetet mot dagvattenhantering läggs på en mer generell nivå.

En bredare användning av genomsläppliga markmaterial kanske inte ger direkta estetiska värden i ett samhälle (särskilt inte om ytorna missköts), men de skulle vara ett steg i riktningen mot att återskapa det naturliga vattenkretsloppet som fördröjer dagvattnet, mildrar en eventuell värmeöffekt och avlastar VA-ledningsnätet med bland annat minskad risk för översvämningar. Däremot ställs det krav på grundlig kunskap och förändrade skötselrutiner kring genomsläppliga material. Vissa av dem är troligtvis inte ens lämpade för vårt nordiska klimat. Enligt Defra (2008) går 6% av vattenbolagens energiförbrukning till att rena och pumpa vattnet, så det finns många fler positiva effekter om man avlastar VA-ledningsnätet.

Att skapa perforerade städer och öka infiltrationsmöjligheter för dagvatten gör även att föroreningar inte leds rakt ner till ledningar och slutligen hos recipient. När det som i Stockholms stad (2016) finns ett mål att minska föroreningar med 70 - 80% och därmed måste fördröja och rena ca 90% av årsvolymen skulle en ökad utbredning av genomsläppliga markmaterial vara ett bra hjälpmedel. Vad som egentligen händer med föroreningarna som i så fall sprids, om än mindre koncentrerat, över ytorna är forskning som måste undersökas. Frågan är om det är bättre med till exempel regnbäddar som koncentrerar föroreningarna och i sin tur kan skördas bort genom växter som tagit upp dessa eller mekaniskt rensas från substratet.

I regeringens kommittédirektiv år 2015 utsågs en utredare för att analysera strukturen i det nationella arbetet mot ett klimatanpassat samhällsbyggande och planerande angående åtgärder för markanvändning och bebyggd miljö; vem som ansvarar för vad och hur lagstiftning kan behöva ändras. Detta klimatanpassade samhällsbyggande stöttar sig på flera lagar, bland annat plan- och bygglagen (PBL) med det övergripande syftet att "främja en samhällsutveckling med jämlika och goda sociala levnadsförhållanden och en god och långsiktig hållbar livsmiljö för människorna i dagens samhälle och för kommande generationer" (Miljö- och energidepartementet 2015; Sveriges Riskdag 2018).

En eventuell förändring i den svenska plan- och bygglagen kan vidare ses som en utveckling i en riktning där markförslutning begränsas, och i en proposition från 8 mars 2018 föreslår regeringen två ändringar i denna. Den första förändringen innebär krav på kommuner att i översiktsplanen identifiera riskområden för skador på den byggda miljön rörande/orsakat av vatten och hur dessa risker kan minimeras eller elimineras. Det andra förslaget innebär att kommuner ska kunna kräva marklov för markarbeten som kan försämra markens infiltrationsmöjlighet. Den 1 augusti 2018 önskas lagändringarna träda i kraft (Miljö- och energidepartementet 2018). I Rostorp i Malmö, från våren 2018 och pågående, har flera asfalterade trottoarer och gångstråk ersatts med grus. Om detta är ett direkt resultat från satsningen *Tillsammans gör vi plats för vattnet* är detta ett statuerande exempel på att det går att implementera avhårdgörning som en fristående handling och att det faktiskt också sker i våra svenska städer.

Om en implementering av avhårdgörning som fristående handling skulle bli mer etablerat är det dock viktigt att det inte blir normsättande och att andra och multifunktionella lösningar hamnar i skymundan. Avhårdgörning bör ses

som ett komplement till dagens syn på dagvattenhantering och som ytterligare ett redskap för att skapa mer hållbara städer.

Nedan följer några av FN:s 17 hållbarhetsmål med exempel på hur genomsläppliga slitlager är i enlighet med dem:

 <p>Att återskapa eller efterlikna det naturliga vattenkretsloppet ger bättre förutsättningar för liv och vegetation med estetiska värden och ett bättre stadsklimat.</p>	 <p>Vatten är en naturresurs som nyttjas bättre om man tar tillvara på och inte förorenar det.</p>
 <p>Genomsläppliga slitlager bibehåller ett markmikroliv som kan rena vatten från föroreningar. De bromsar snabb ytavrinning med förorenat vatten till recipient.</p>	 <p>Genom att sprida kunskap om dagvattenproblematiken kan en ökad tolerans för innovativa och nya dagvattenlösningar bättre accepteras av invånarna.</p>
 <p>Ett avlastat VA-ledningsnät avlastar energiåtgång som krävs för att rena och pumpa vatten.</p>	 <p>Våra vatten blir mindre förorenade om snabb ytavrinning förhindras och om vattnet renas så nära källan som möjligt.</p>
 <p>Att omhänderta vatten på nya och innovativa sätt skapar mer hållbara och resilienta städer.</p>	 <p>Att inte försluta våra marker och strypa kontakten till den gynnar biologisk mångfald och ekosystem.</p>

Figur 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21: FN:s hållbarhetsmål 2015

## 4.2 Metoddiskussion

Stoffinsamlandet har skett någorlunda spontant med några vägvisande dokument tillhandahållna av handledaren. En tydligare strukturerad insamling för att försöka vara så "à jour" som möjligt i ämnet och dagsläget skulle vara lämplig. Ett exempel är att resultaten från Kanadas konferenser kring innovativ dagvattenhantering (2007 – 2008) inte har behandlats i uppsatsen. Kanske är det så att det finns information eller nya förhållningssätt presenterade däri som rör sig mot avhårdgörning.

Vägen till att undersöka huruvida avhårdgörning som enskild handling pågår någonstans har fått ske genom att studera hur olika samhällen generellt ser på dagvattenfrågan i det urbana sammanhanget. Vatten och hur det bör förvaltas är ett väldigt stort ämne, ett ämne som inte är nytt i sig. Klimatanpassning och dagvattenproblem är desto nyare ämnen där översvämningar, med stora kostnader som följd och med risk för människans säkerhet, verkar ha varit en katalysator till utvecklingen av innovativa dagvattenlösningar och idéer. På grund av detta och de pågående klimatförändringarna sker otroligt många och snabba förändringar i förhållningssättet till dagvatten, både från internationella drivande krafter och till svenska kommuners olika krafttag. Bortsett från det har det heller inte alltid varit helt enkelt att få tillgång till vissa dokument och rapporter som nämnts i andra tillgängliga dokument.

...

## KÄLLFÖRTECKNING

Andersson, L., Larsson, A., Malm, A., Sörelius, H. (2017). *Implementering av innovativa systemlösningar för hållbar dagvattenhantering*. (Diarienummer 2012-01271).  
[http://klimatsakradstad.se/media/2018/01/Implementering-av-innovativa-systemlösningar-för-hållbar-dagvattenhantering-3.0.pdf](http://klimatsakradstad.se/media/2018/01/Implementering-av-innovativa-systemlosningar-for-hallbar-dagvattenhantering-3.0.pdf) [2018-03-22]

Anläggnings AMA 98: allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten (1999). *Dränerande lager för väg, plan o d samt vegetationsyta*. Stockholm: Svensk byggtjänst.

Agenda 2030-delegationen (2018). *Direktiv*.  
<https://agenda2030delegationen.se/uppdraget/direktiv/> [2018-04-16]

Bara mineraler (u.å.). *Grusyta med Hekla Pimpsten*.  
<http://www.baramineraler.se/anlaggning-vaxtbadd/grusyta/> [2018-05-09]

Björk, R. (2018). När det blir för mycket vatten. *Innovation 2018*.  
<http://62.13.72.13/Tyrens/Innovation%20Tyrens/HTM/index.html> [2018-04-25]

Boverket (2012). *Vision för Sverige 2025*. <http://sverige2025.boverket.se/en-urbaniserad-varld.html> [2018-04-03]

BG Byggros AB (2018). *Ecoraster – Gräsarmering och permeabla beläggningar*.  
<https://mediacache4.bgflux.com/c3/f5/963d-ecf2-425f-ac86-ea6360a9fb35/se%20brochure%20ecoraster-april2018.pdf> [2018-05-20]

Byggipedia (u.å.). *Anläggningsmaterial*.  
<https://byggipedia.se/byggmaterial/jord-och-sten/anlaggningsmaterial/> [2018-05-31]

Defra (2008). *Future Water – The Government's water strategy for England*.  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/69346/pb13562-future-water-080204.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69346/pb13562-future-water-080204.pdf) [2018-05-02]

Defra (2010). *Surface Water Management Plan. Technical Guidance*. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs, Flood Management Division.  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/69342/pb13546-swmp-guidance-100319.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69342/pb13546-swmp-guidance-100319.pdf) [2018-05-03]

Depave (u.å.). *About*.  
<http://depave.org/about/> [2018-04-05]

EC (European Commission) 2012. *Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing*. European Commission staff working document. SWD(2012) 101 final.  
<http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/EN%20-%20Sealing%20Guidelines.pdf> [2018-04-03]

EEA-FOEN (European Environment Agency and Federal Office for the Environment) (2016). *Urban sprawl in Europe*, Luxembourg: Publications Office of the European Union. [2018-04-05]

- Embassy of the Kingdom of the Netherlands in China. 2016. *Factsheet Sponge City Construction in China*. Beijing, Kingdom of the Netherlands.
- <https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiEn4yU1YnbAhVQiaYKHRT1A5EQFggpMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.nederlandenu.nl%2Fbinaries%2Fnl-netherlandsandyou%2Fdocumenten%2Fpublicaties%2F2016%2F12%2F06%2F2016-factsheet-sponge-cities-> [2018-05-09]
- Ferguson, B. (2005). *Porous pavements*. Boca Raton: CRC Press. (Integrative studies in water management and land development; 6).
- Finansdepartementet (2016). *Kommittédirektiv – Genomförande av Agenda 2030 för hållbar utveckling*. (Dir. 2016:18).
- <http://www.regeringen.se/494c40/contentassets/ce2d7e16d5264f869ac09ffeb280f8b4/genomforande-av-agenda-2030-for-hallbar-utveckling-dir.-201618> [2018-04-16]
- FN, Department of Economic and Social Affairs (2017). *World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100*.
- <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2017.html> [2018-04-05]
- FN, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)*. <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf> [2018-04-03]
- Gatukontoret (2005). *Trädplan för Malmö – 2005*.
- <https://malmo.se/download/18.12bec02c14db49ab84d4f110/1491298789457/Tradplanwebb.pdf> [2018-05-27]
- GLA (2011). *Securing London's Water Future. The Mayor's Water Strategy October 2011*. London: Greater London Authority City Hall.
- [https://www.london.gov.uk/sites/default/files/gla\\_migrate\\_files\\_destination/water-strategy-oct11.pdf](https://www.london.gov.uk/sites/default/files/gla_migrate_files_destination/water-strategy-oct11.pdf) [2018-05-03]
- GLA (2015). *London Sustainable Drainage Action Plan. Draft for public consultation*. London: Greater London Authority City Hall.
- [https://www.london.gov.uk/sites/default/files/lldap\\_final.pdf](https://www.london.gov.uk/sites/default/files/lldap_final.pdf) [2018-05-03]
- Göteborgs Stad (2017). *Göteborg när det regnar. En exempel- och inspirationsbok för god vattenhantering*.
- <http://goteborg.se/wps/wcm/connect/41d75d17-8f2d-418f-b886-2bf914495fd2/ldébok+-+Göteborg+när+det+regnar.pdf?MOD=AJPERES> [2018-05-14]
- Göteborgs Stad (2003). *Vatten – så klart. Vattenplan för Göteborg*.
- [http://goteborg.se/wps/wcm/connect/87e0ec14-a325-4df3-bb1d-080a50aeac14/OPA\\_HuvudrapppVattenplanenweb.pdf?MOD=AJPERES](http://goteborg.se/wps/wcm/connect/87e0ec14-a325-4df3-bb1d-080a50aeac14/OPA_HuvudrapppVattenplanenweb.pdf?MOD=AJPERES) [2018-05-14]
- Göteborgs stad (u.å.). *Skötsel av gräsmattor*.
- <http://goteborg.se/wps/portal?uri=gbglnk%3a20130222-185612#htoc-2> [2018-05-08]
- Göteborgs Stad (u.å.). *Vad är dagvatten?*
- [http://goteborg.se/wps/portal/start/vatten-och-avlopp/dagvatten/om-dagvatten/!ut/p/z1/hY5NC4JAGIR\\_jdd9Xz\\_Y1W52MFJJg0DbS2hsq6CurFsL\\_frsGBTNbZhnMAEONfCpefSyMb2ammH1Z04vpZsew60bY7GLEtyfsjl5ZHkRMARVP4CvMf5QjJAC79uR2OtIkPjMoyxwWRAXFIKpvefjqVDCVYlM9BCK7teX3XGzMvGQQettUQqJQdBFuHgt0anFgP1BwjzWD9zUcUvXXcfQA!!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/#htoc-3](http://goteborg.se/wps/portal/start/vatten-och-avlopp/dagvatten/om-dagvatten/!ut/p/z1/hY5NC4JAGIR_jdd9Xz_Y1W52MFJJg0DbS2hsq6CurFsL_frsGBTNbZhnMAEONfCpefSyMb2ammH1Z04vpZsew60bY7GLEtyfsjl5ZHkRMARVP4CvMf5QjJAC79uR2OtIkPjMoyxwWRAXFIKpvefjqVDCVYlM9BCK7teX3XGzMvGQQettUQqJQdBFuHgt0anFgP1BwjzWD9zUcUvXXcfQA!!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/#htoc-3) [2018-05-14]
- Hall, M., Lund, E., & Rummukainen, M. (red) 2015. Klimatsäkrat Skåne. CEC Rapport Nr 02. Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet. ISBN 978-91-981577-4-1.
- Hållbar Stad (2018). *Om Agenda 2030*.
- <https://hallbarstad.se/tema/agenda-2030/om-agenda-2030/> [2018-04-16]



Klimatsäkrad stad (u.å.) *Projektbeskrivning*.

<http://klimatsakradstad.se/om-projektet/projektbeskrivning/> [2018-03-28]

Küpfer, C. (u.å.). *The eco-account: a reasonable and functional means to compensate ecological impacts in Germany*.

[http://www.stadtlandfluss.org/fileadmin/user\\_upload/text\\_files/the\\_eco\\_account.pdf](http://www.stadtlandfluss.org/fileadmin/user_upload/text_files/the_eco_account.pdf) [2018-05-01]

Københavns Kommune (2011). *Copenhagen Climate Adaptation Plan*.

[http://en.klimatilpasning.dk/media/568851/copenhagen\\_adaption\\_plan.pdf](http://en.klimatilpasning.dk/media/568851/copenhagen_adaption_plan.pdf) [2018-05-08]

Lunds kommun (2013). *Dagvattenstrategi*.

[http://www.hojea.se/rapporter/Dagvattenstrategi\\_Lunds\\_kmn\\_130528.pdf](http://www.hojea.se/rapporter/Dagvattenstrategi_Lunds_kmn_130528.pdf) [2018-05-14]

Malmö stad - miljöförvaltningen (2017-05-18). *Hårdgjord yta*.

<http://miljobarometern.malmo.se/klimat/klimatanpassning/hardgjord-yta/> [2018-04-06]

Malmö stad & VA-SYD (2017). *Skyfallsplan för Malmö*.

<https://www.vasyd.se/-/media/Documents/Skyfallsplan-version-till-tekniska-nämnden-2016-12-20.ashx?la=sv-SE&hash=7C21A65158359AF45E96BF759F53CC4F36E3D868> [2018-04-19]

Malmö stad (2018). *BiodiverCity – Om grön innovation i det urbana rummet*.

<https://malmo.se/biodivercity> [2018-05-31]

MFD (Myndigheten för delaktighet) (2017). *Tillgänglighet*.

<http://www.mfd.se/kunskapsomraden/tillganglighet/> [2018-05-19]

Miljö- och energidepartementet (2015). *Kommittédirektiv. Ett stärkt arbete för anpassning till ett förändrat klimat*. (Dir. 2015:115).

<https://www.regeringen.se/4ac65f/contentassets/0b552c83e89e4af186008b8dd7a00f7f/ett-starkt-arbete-for-anpassning-till-ett-forandrat-klimat.pdf> [2015-04-26]

Miljö- och energidepartementet (2017a). *Inrättande av ett Råd för hållbara städer och utseende av de myndigheter som ingår i rådet*.

Stockholm: Sveriges Riksdag. (Regeringsbeslut 1:7)

<https://www.boverket.se/contentassets/2b608e18522c4a179edd8c642612c76f/rad-for-hallbara-stader.pdf> [2018-05-01]

Miljö- och energidepartementet (2017b). *Sweden's Seventh National Communication on Climate Change*. Bromma: Arkitektkopia AB. (ISSN 0282-7298)

[https://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_natcom/\\_application/pdf/6950713\\_sweden-nc7-1-swe\\_nc7\\_20171222.pdf](https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/_application/pdf/6950713_sweden-nc7-1-swe_nc7_20171222.pdf) [2018-04-16]

Miljö- och energidepartementet (2018a). *Nationell strategi för klimatanpassning*. Stockholm: Sveriges Riksdag. (2017/18:163).

[http://www.regeringen.se/494483/contentassets/8c1f4fe980ec4fcb8448251acde6bd08/171816300\\_webb.pdf](http://www.regeringen.se/494483/contentassets/8c1f4fe980ec4fcb8448251acde6bd08/171816300_webb.pdf) [2018-04-25]

Miljö- och energidepartementet (2018b). *Strategi för Levande städer – politik för en hållbar stadsutveckling*. (Skr. 2017/18:230).

<http://www.regeringen.se/4971fa/contentassets/b5640fd317d04929990610e1a20a5383/171823000webb.pdf> [2018-05-01]

Miller, J. D., Hutchins, M. (2017). *The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom*. Journal of Hydrology: Regional Studies 12 (2017) 345-362.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.06.006> [2018-05-15].

Nationalencyklopedin (2018). Brundtlandrapporten.

<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/brundtlandrapporten> [2018-04-16]

Naturvårdsverket (2017a). *Biotopskyddsområden*.

<https://www.naturvardsverket.se/Var-natur/Skyddad-natur/Biotopskyddsomraden/> [2018-05-27]

Naturvårdsverket (2017b). *Green surge, ett forskningsprojekt om urban grön infrastruktur*.

<https://naturvardsverket.se/Nyheter-och-pressmeddelanden/info-mejl/Lagesrapport-gron-infrastruktur/Artiklar/Green-Surge-ett-forskningsprojekt-om-urban-gron-infrastruktur/> [2018-05-31]

OECD/FAO (2012). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2012-2021*. OECD Publishing and FAO.

[https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/OECD\\_FAO\\_Ag-outlook2012\\_ENG.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/OECD_FAO_Ag-outlook2012_ENG.pdf) [2018-04-03]

Olsson, J. A., Hanson, H. (2018). *Blågröna lösningar i Sofielund – klimatanpassningsåtgärder i allt tätare städer* [broschyr]. Lund: Media-Tryck. [2018-04-25]

Prokop, G., Jobstmann, H., Schönbauer, A. (2011). *Overview on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects in EU-27*.

Environment Agency Austria. (Technical Report – 2011-050, ISBN: 978-92-79-20669-6).

<http://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/sealing/Soil%20sealing%20-%20Final%20Report.pdf> [2018-04-06]

Regeringskansliet (2016). *Viktigt steg för att nå EU:s ramdirektiv för vatten*.

<http://www.regeringen.se/perssonmeddelanden/2016/10/viktigt-steg-for-att-na-eus-ramdirektiv-for-vatten/> [2018-05-15]

Roxburgh, H. (2017). China's 'sponge cities' are turning streets green to combat flooding. *The Guardian* (Thu 28 Dec 2017).

<https://www.theguardian.com/world/2017/dec/28/chinas-sponge-cities-are-turning-streets-green-to-combat-flooding> [2018-05-10]

Rummukainen, M. (2012). *Changes in climate and weather extremes in the 21<sup>st</sup> century*. WIREs Clim Change, 3: 115-129. doi: 10.1002/wcc.160  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/wcc.160> [2018-04-06]

SCB (2015). *Grönytor och grönområden i tätorter 2010. Tätorter med minst 30 000 invånare samt Visby*.  
[http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0805/2010A01/MI0805\\_2010A01\\_SM\\_MI12SM1501.pdf](http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0805/2010A01/MI0805_2010A01_SM_MI12SM1501.pdf) [2018-04-06]

SCB (2016). *Sveriges framtida befolkning 2016 - 2060*.  
[http://www.scb.se/Statistik/BE/BE0401/2016I60/BE0401\\_2016I60\\_SM\\_BE18SM1601.pdf](http://www.scb.se/Statistik/BE/BE0401/2016I60/BE0401_2016I60_SM_BE18SM1601.pdf) [2018-04-05]  
Science for Environment Policy (2012). *Soil Sealing* (In-depth report March 2012).  
[http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR2\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR2_en.pdf) [2018-04-19]

Sgi (2018). *Definitioner*.  
<http://www.swedgeo.se/sv/vagledning-i-arbetet/effektivare-markbyggande/materialguiden/definitioner/> [2018-05-31]

Sgi (Statsen Geotekniska Institut) (2019). *Jords tekniska egenskaper*.  
<http://www.swedgeo.se/sv/kunskapscentrum/om-geoteknik-och-miljogeoteknik/geoteknik-och-markmiljo/jordmateriallara/jords-tekniska-egenskaper/> [2018-05-25]

Skogskunskap (2016). *Överbyggnadens lager*.  
<https://www.skogskunskap.se/vagar-i-skogen/vagbyggnadsteknik/vagbyggnad-steg-for-steg/overbyggnadens-lager/> [2018-05-25]

SMHI (2018a). *Hydrologiska ord och begrepp*.  
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologiska-begrepp-1.29125> [2018-05-16]

SMHI (2018b). *Vattnets kretslopp – förenar hydrologi, meteorologi och oceanografi*.  
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/vattnets-kretslopp-forenar-hydrologi-meteorologi-och-oceanografi-1.20615> [2018-05-16]

Socialdepartementet (2014). *Uppdrag att upprätta och förvalta en plattform för frågor om hållbar stadsutveckling*. Stockholm: Regeringskansliet. (Diarienummer: S2013/3465/PBB)  
<http://www.regeringen.se/49bbd5/contentassets/83eea491520e4c859f73c0bb98d364b7/uppdag-att-uppratta-och-forvalta-en-plattform-for-fragor-om-hallbar-stadsutveckling-s20133465pbb> [2018-03-23]

S:t Eriks (u.å. a). *Dimensionering av överbyggad*.  
<https://www.alltisten.se/wp-content/uploads/2010/09/Steriks-Dimensionering-av-overbyggnad.pdf> [2018-05-27]

S:t Eriks (u.å. b). *Marksten*.  
<http://steriks.se/produktsortiment/markbelaggningsmarksten/> [2018-05-09]

S:t Eriks (u.å. c). *Överbyggnadens uppbyggnad*.  
<https://steriks.se/globalassets/markoverbyggnad.pdf> [2018-05-25]

Stockholm Resilience Centre (u.å.). *Vad är resiliens?*  
[http://www.stockholmresilience.org/download/18.bc93e6614373c93508e98/1459560235322/SU\\_SRC\\_vadarresiliens\\_low.pdf](http://www.stockholmresilience.org/download/18.bc93e6614373c93508e98/1459560235322/SU_SRC_vadarresiliens_low.pdf) [2018-04-17]

Stockholms stad (2015). *Dagvattenstrategi – Stockholms väg till en hållbar dagvattenhantering*.  
[http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/vp/Stockholms\\_dagvattenstrategi\\_2015-03-09.pdf](http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/vp/Stockholms_dagvattenstrategi_2015-03-09.pdf) [2018-04-26]

Stockholms stad (2016). *Dagvattenhantering. Åtgärdsnivå vid ny och större ombyggnation. Version 1.1*.

[http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/atgardsniva\\_v1-1-fi.pdf](http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/atgardsniva_v1-1-fi.pdf) [2018-04-19]

Svenskt vatten (2011). *Hållbar dag- och dränvattenhantering: råd vid planering och utformning*. Stockholm: Svenskt vatten. (Publikation P105, Svenskt vatten).

Svenskt vatten (2016). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten*. Stockholm: Svenskt vatten. (Publikation P110, Svenskt vatten).

Sveriges Riksdag (2018). *Plan- och bygglag (2010:900)*. *Svensk författningssamling 2010:900*.

[http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/plan--och-bygglag-2010900\\_sfs-2010-900](http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/plan--och-bygglag-2010900_sfs-2010-900) [2018-05-16]

UNDP (The United Nations Development Programme) (2017a). *En ny agenda för hållbar utveckling*.

<https://web.archive.org/web/20170421120707/http://www.se.undp.org/content/sweden/sv/home/agenda-2030.html> [2018-04-16]

UNDP (The United Nations Development Programme) (2017b). *Vad betyder hållbar utveckling?*

<http://www.globalamalen.se/fragor-och-svar/vad-betyder-hallbar-utveckling/> [2018-04-16]

USGS (United States Geological Survey) (2016). *The World's Water*.

<https://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html> [2018-05-10]

VA-SYD (2017a). *Ordlista för vatten och avlopp*.

<https://www.vasyd.se/Artiklar/Om-VA-SYD/Ordlista-for-vatten-och-avlopp> [2018-05-16]

VA-SYD (2017b). *Tillsammans gör vi plats för vattnet*.

<http://www.svensktvatten.se/globalassets/utbildning/konferenser-och-seminarier/tillsammans-kan-vi-klimatsakra-samhället/12-tillsammans-gör-vi-plats-for-vattnet-nina-sterner.pdf> [2018-04-18]

VA-SYD (2018). *Tillsammans gör vi plats för vattnet*.

<https://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Oversvamning/Gemensamt-arbete-i-en-skyfallsplan> [2018-04-18]

Vattenmyndigheterna (u.å.). *Vattendirektivet och vattenförvaltningsförordningen*.

<http://www.vattenmyndigheterna.se/Sv/introduktion-till-vattenforvaltning/Pages/vattendirektivet-och-vattenforvaltningforordningen.aspx> [2018-05-15]

Vinnova (2018). *Därför finns Vinnova*.

<https://www.vinnova.se/om-oss/sveriges-innovationsmyndighet/om-vinnova/> [2018-05-31]

Wikipedia (2013). *Substrat (biologi)*.

[https://sv.wikipedia.org/wiki/Substrat\\_\(biologi\)](https://sv.wikipedia.org/wiki/Substrat_(biologi)) [2018-05-25]

Wikipedia (2015). *Hårdgjord yta*.

[https://sv.wikipedia.org/wiki/Hårdgjord\\_yta](https://sv.wikipedia.org/wiki/Hårdgjord_yta) [2018-05-25]

Wikipedia (2017a). *Bitumen*.

<https://sv.wikipedia.org/wiki/Bitumen> [2018-05-20]

Wikipedia (2017b). *Kornstorlek*.

<https://sv.wikipedia.org/wiki/Kornstorlek> [2018-05-19]

Wikipedia (2017c). *Ledningsnät*.

[https://sv.wikipedia.org/wiki/Ledningsnät#Vatten-\\_och\\_avloppsledningsnät](https://sv.wikipedia.org/wiki/Ledningsnät#Vatten-_och_avloppsledningsnät) [2018-05-16]

Wikipedia (2017d). *Porositet*.

<https://sv.wikipedia.org/wiki/Porositet> [2018-05-19]

Wikipedia (2018a). *Dresden*.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Dresden> [2018-06-19]

Wikipedia (2018b). *2013-14 United Kingdom winter floods*.

[https://en.wikipedia.org/wiki/2007\\_United\\_Kingdom\\_floods](https://en.wikipedia.org/wiki/2007_United_Kingdom_floods) [2018-05-02]

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2017. *The United Nations World Water Development Report 2017*.

*Wastewater: The Untapped Resource*. Paris, UNESCO.

<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf> [2018-05-09]

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme)/UN-Water. 2018. *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. Paris, UNESCO.

*Nature-Based Solutions for Water*. Paris, UNESCO.

<http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261424e.pdf> [2018-05-03]